نشریه تصمیم‌گیری و تحقیق در عملیات

Journal of Decisions and Operational Research

دوره ۴، شماره (۴)، زمستان ۱۳۹۸

ارائه مدل DEA غیرشعاعی برای تعیین کارایی سیستم‌های دو مرحله‌ای پایه

عزیز اله نصرت[۱،*]، غلامرضا روزبهی[۲]

[۱] گروه ریاضی، واحد تهران مرکزی، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

[۲] گروه ریاضی، واحد یاسوج، دانشگاه آزاد اسلامی، یاسوج، ایران

چکیده

تعیین کارایی هر سیستم جهت برنامه‌ریزی از ضروریات آن سیستم می‌باشد. اغلب برای تعیین کارایی سیستم از مدل‌های تحلیل پوششی داده‌ها استفاده می‌شود. در این مقاله ساده‌ترین و کاربردی ترین سیستم‌های دو مرحله‌ای تحت عنوان سیستم دو مرحله‌ای پایه معرفی شدند. سپس مدل‌های *TSDEA* ارائه شده در خصوص آن‌ها که مبتنی بر اندازه‌های تابع فاصله هستند مطالعه و بررسی قرارداده شدند. در ادامه مدل‌های *TSDEA* غیرشعاعی مبتنی بر ایده راسل توسعه داده شدند. در نهایت یک مثال عددی حل شد.

واژه‌های کلیدی: کارایی، سیستم دو مرحله‌ای پایه، TSDEA ، مدل غیرشعاعی.

دریافت: ۱۳۹۸/۰۸/۲۷ اصلاح: ۱۳۹۸/۱۰/۲۱ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۱/۲۵

۱- مقدمه

تحلیل پوششی داده‌ها (*DEA*) تکنیکی غیرپارامتری مبتنی بر برنامه‌ریزی ریاضی در ارزیابی عملکرد مجموعه ای از *DMU* های همگن است. ایده اولیه‌ی به کارگیری چندین ورودی و چندین خروجی در تعیین گیری کارایی، توسط چارنز و همکاران (۱۹۷۸) مطرح شد و پس از آن مدل‌های تعمیم یافته‌ی *DEA* در زمینه‌های مختلفی به کارگرفته شدند. روش‌های آغازین *DEA* بدون درنظرگرفتن ساختار داخلی *DMU* و تنها با به کارگیری ورودی‌ها و خروجی‌های بیرونی (جعبه سیاه)، در یک فرآیند یک مرحله‌ای به تعیین گیری کارایی می پرداختند. یکی از اشکالات این روش‌ها، غفلت کردن از فعالیت‌های میانی یا پیوندها است. در واقع بعضی از سیستم‌ها از چندین مرحله تشکیل شده‌اند که به هم پیوند خورده‌اند. هر مرحله با به کارگیری ورودی‌های مربوط به خود، خروجی‌های همان مرحله را تولید می‌کند و همه یا قسمتی از آن خروجی‌ها، به عنوان ورودی مرحله‌های دیگر به کارگرفته می‌شود، که این‌ها را اندازه‌های واسطه ای(محصولات میانی) مرحله‌ها می‌گویند. ولی امکان بررسی مستقیم این محصولات میانی در تعیین گیری کارایی توسط مدل‌های رایج وجود نداشت. برای غلبه براین مشکلات، مدل‌های با ساختار شبکه‌ای تعمیم یافتند. فار و گروسکوف (۱۹۹۶ و۲۰۰۰) از محققان پیشرو دراین زمینه هستند. ساختار درونی سیستم (شبکه) را می‌توان به جای یک سیستم پیچیده با مرحله‌های متعدد، به دومرحله‌ی ساده، تقسیم کرد. دراین میان، سیستم‌های دومرحله‌ای از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند، زیرا اغلب سیستم‌های تولیدی با ساختار شبکه را می‌توان براساس آن‌ها نشان داد و به همین دلیل نیازی نیست که با ارائه مدلی بیشتر از دومرحله مسأله را پیچیده کرد. ازطرفی نتایج حاصل از سیستم‌های تولید دومرحله-ای را می‌توان برای مطالعه سیستم‌های شبکه کلی‌تر، تعمیم داد. در این مقاله به مطالعه سیستم‌های دومرحله پایه پرداخته می‌شود و مدل غیرشعاعی مبتنی بر ایده راسل، جهت تعیین کارایی سیستم معرفی می‌شود.

* **عهده‌دار مکاتبات:** a.nosrat2@gmail.com

شناسه دیجیتال: 10.22105/dmor.2020.183415.104022

۲- سیستم دومرحله ای پایه[1]

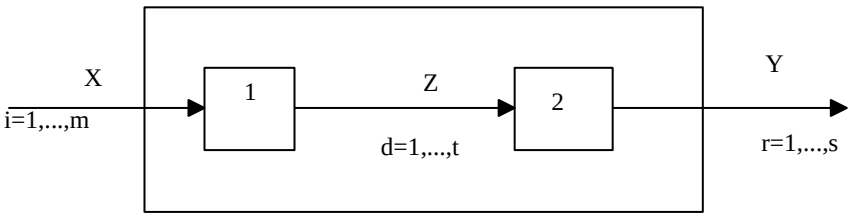
ساده‌ترین ساختار شبکه، سیستم دومرحله‌ای است، که در آن عملیات سیستم (به دو بخش تقسیم می‌شود که) در دو مرحله انجام می‌گیرد. سیستم‌های دومرحله‌ای زمانی مورد توجه محققان قرار گرفت که آنها دریافتند، اثرات برخی از ورودی‌ها بر خروجی‌ها می‌تواند غیرمستقیم باشد. به عنوان مثال، انتظار می‌رود که *IT* (فناوری اطلاعات) تأثیر مثبتی بر عملکرد بانک‌ها داشته باشد. با این حال، کرون و سوبول (۱۹۸۳) دریافتند که ممکن است این مطلب همیشه درست نباشد. در یک مطالعه دیگر وانگ و همکاران (۱۹۹۷) دریافتند که عملیات بانکی و صنایع مشابه آن، دو مرحله دارند: جمع‌آوری سرمایه و سودآوری. سهم فناوری اطلاعات درابتدای کار بود و این که آیا یک بانک واقعاً سود کسب می‌کند یا خیر که آن به تصمیم‌گیری درست سرمایه‌گذار وابسته بود.

ژا و همکاران (۲۰۱۶) و کنگ و همکاران (۲۰۱۷) سیستم‌های دومرحله‌ای متوالی را برای ارزیابی عملکرد بانک‌ها بکار بردند. یو و همکاران (۲۰۱۲) از مفهوم کارایی متقاطع در *DEA* برای حل مسایل تخصیص هزینه‌های ثابت در سیستم دومرحله‌ای استفاده کردند. حکیم و همکاران (۲۰۱۶) یک مدل دوسطحی برای تخصیص متمرکز منابع ارائه دادند.

بسیاری از مسایل دارای ساختار دومرحله‌ای هستند و تمرکز این مقاله بر یک سیستم دومرحله‌ای خاص است که دومرحله‌ای پایه نامیده می‌شود. در مرحله‌ی اول این سیستم تمام ورودی‌های عرضه شده از خارج برای تولید محصولات میانی در مرحله اول مصرف می‌شوند و این محصولات میانی در مرحله دوم برای تولید خروجی‌های نهایی استفاده می‌شوند. مرحله اول خروجی‌های نهایی تولید نمی‌کند و مرحله دوم ورودی‌های خارجی را مصرف نمی‌کند.

روشی از *DEA* که برای سیستم دومرحله‌ای پایه به کاربرده میشود *DEA* دو مرحله ای نامیده می‌شود. بحث دراین مقاله محدود به آن دسته از مدل‌هایی است که برای تعیین کارایی سیستم دومرحله‌ای پایه استفاده شده‌اند که مبتنی بر اندازه‌های تابع فاصله[2] می‌باشند.

در سیستم دومرحله‌ای پایه، تنها مرحله اول دارای ورودی‌های خارجی و تنها مرحله دوم دارای خروجی‌های نهایی هست. **شکل ۱** ساختار سیستم دومرحله‌ای پایه را نشان می‌دهد، که مرحله اول تمام ورودی‌های خارجی ($X_i, i=1,\cdots,m$) را صرف تولید محصولات میانی ($Z_d, d=1,\cdots,t$) نموده که آنها توسط مرحله دوم برای تولید خروجی‌های نهایی ($Y_r, r=1,\ldots,s$) مصرف می شوند.



شکل۱- ساختار سیستم دو مرحله ای پایه.

۳- اندازه کارایی تابع فاصله

ساده‌ترین روش برای بررسی عملکرد این نوع سیستم استفاده از مدل مستقل است که دومرحله را به عنوان *DMU* های مستقل برای اندازه‌گیری کارایی مورداستفاده قرار می‌دهد. سیستم کل را می‌توان به عنوان یک واحد کل یا به اصطلاح یک جعبه سیاه پردازش کرد و

[1] Basic Two-stage System
[2] Distance Function Measures

کارایی آن را با استفاده از مدل‌های معمول *DEA* اندازه‌گیری نمود. یکی دیگر از روش‌های تعیین کارایی سیستم استفاده از تابع فاصله است.

سه نوع پارامتر فاصله در ادبیات تحقیق وجود دارد: سیستم[1]، بخش[2] و فاکتور[3].

نوع اول فقط یک پارامتر دارد که به ورودی یا خروجی مربوط می‌شود و به عنوان مدل با ماهیت ورودی یا ماهیت خروجی معروف است. نوع دوم دارای دو پارامتر است، یکی از آنها مربوط به اولین بخش و دیگری به بخش دوم مربوط است. نوع سوم دارای $s+\ m$ پارامتر است که مربوط به فاکتورهای m ورودی و s خروجی است (کائو، ۲۰۱۷).

۳-۱- پارامتر سیستم

تابع فاصله‌ای که توسط شفارد (۱۹۷۰) برای تعیین کارایی سیستم به عنوان یک واحد کل تعریف شده بود، توسط فار و گروسکوف (۲۰۰۰) برای تعیین کارایی سیستم‌های شبکه گسترش یافت. برای یک سیستم دومرحله‌ای با ساختار نشان داده شده در **شکل ۱** مجموعه امکان تولید عبارت است از:

$$T=\left\{\begin{array}{c}(X,Y,Z,\hat{Z})\,|\,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}\le X_i,\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj}\ge Z_d,\\ \sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj}\le \hat{Z}_d,\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj}\ge Y_r,\forall i,d,r,j\end{array}\right\}. \qquad (۱)$$

پارامتر فاصله ورودی مینیمم کردن فاکتور انقباض است که می‌تواند ورودی‌های *DMU* تحت ارزیابی را در مجموعه امکان تولید نگه دارد. مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای پیدا کردن مقدار این پارامتر به صورت زیر است:

$$\begin{aligned}&\min\ \theta\\ &s.t.\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}\le\theta x_{io};\quad \forall i\\ &\quad\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj}\ge z_{do};\quad \forall d\\ &\quad\sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj}\le z_{do};\quad \forall d\\ &\quad\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj}\ge y_{ro};\quad \forall r\\ &\lambda_j,\mu_j\ge 0,\qquad \forall j.\end{aligned} \qquad (۲)$$

این مدل وقتی که محدودیت‌های دوم و سوم ترکیب شوند، به صورت زیر است:

[1]System
[2]Division
[3]Factor

$$\begin{aligned}
&\min \theta \\
&s.t. \ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \le \theta x_{io}; \quad \forall i \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj} \ge \sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj}; \quad \forall d \\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj} \ge y_{ro}; \quad \forall r \\
&\lambda_j, \mu_j \ge 0, \quad \forall j .
\end{aligned} \tag{۳}$$

این مدل از مدل (۲) تابع فاصله فار گروسکوف (۲۰۰۰) ساده‌تر است، زیرا دومین مجموعه محدودیت‌ها، تجمیع مجموعه دوم و سوم محدودیت‌های مدل (۲) براساس رابطه انتقال از طریق z_{do} هستند. کارایی سیستم که از مدل (۳) اندازه‌گیری شده است بنابراین کم‌تر است از یا مساوی است با کارایی اندازه‌گیری شده از مدل (۲) است.

محدودیت $\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj} \ge \sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj}$ در مدل (۳) تضمین می‌کند که محصول میانی به عنوان یک خروجی بزرگ‌تر یا مساوی آن به عنوان ورودی است. این نشان می‌دهد که یک فرض امکان‌پذیری قوی تحمیل شده است. اگر مقدار تولید شده توسط مرحله اول بزرگتر از مقدار مورد نیاز مرحله دوم باشد، آنگاه مقدار اضافی آن از بین‌می رود.

مدل (۳) با ماهیت ورودی فرموله شده است. مدل زیر با ماهیت خروجی فرموله شده است:

$$\begin{aligned}
&\min \varphi \\
&s.t. \ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \le x_{io}; \quad \forall i \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj} \ge \sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj}; \quad \forall d \\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj} \ge \varphi y_{ro}; \quad \forall r \\
&\lambda_j, \mu_j \ge 0, \quad \forall j.
\end{aligned} \tag{۴}$$

کارایی سیستم، معکوس تابع هدف $1/\varphi$ است.

۳-۲- پارامترهای بخش

تابع فاصله می‌تواند با ماهیت ورودی تعریف شود تا فاکتور انقباض ورودی را مینیمم کند یا با ماهیت خروجی جهت ماکسیمم فاکتور انبساط خروجی تعریف شود. یک رویکرد ترکیب کردن حداقل‌سازی فاکتور انقباض ورودی مرحله اول با حداکثرسازی فاکتور انبساط خروجی مرحله دوم است.

مدل پیشنهادی چن و ژو (۲۰۰٤) تحت بازده به مقیاس ثابت این است:

$$
\begin{aligned}
&\min\ \theta-\varphi \\
&s.t.\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}\le\theta x_{io};\ \ \forall i \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj}\ge\sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj};\ \forall d \\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj}\ge\varphi y_{ro};\quad \forall r \\
&\theta\le 1\quad ,\quad \varphi\ge 1; \\
&\lambda_j,\mu_j\ge 0,\quad \forall j.
\end{aligned}
\qquad (۵)
$$

مقادیر بهینه θ^*, φ^* در مدل (۵) کارایی دو مرحله را نشان نمی‌دهد . درواقع همیشه θ^* مساوی یک است و φ^* کارایی سیستم را نشان می‌دهد. این یک تله (دام) در مدل‌سازی سیستم‌های دومرحله‌ای پایه است (چن، ۲۰۰۹).

۳-۳- اندازه کارایی سیستم براساس متغیرهای کمکی *SBM*

فرض کنید که پارامترهای فاصله ورودی و خروجی برای هر فاکتور متفاوت باشند. یک مدل برای اندازه‌گیری کارایی سیستم به صورت زیر فرموله می‌شود (تن و تسوتسویی، ۲۰۰۹):

$$
\begin{aligned}
&\min\ \frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\theta_i}{\frac{1}{s}\sum_{r=1}^{s}\varphi_r} \\
&s.t.\ \sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij}\le\theta_i x_{io};\quad \forall i \\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj}\ge\sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj};\ \forall d \\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj}\ge\varphi_r y_{ro};\quad \forall r \\
&\theta_i\le 1\quad ,\quad \varphi_r\ge 1; \\
&\lambda_j,\mu_j\ge 0,\quad \forall j.
\end{aligned}
\qquad (۶)
$$

این مدل به‌طوراساسی تعیین کارایی راسل است که توسط پاستور و همکاران (۱۹۹۹) برای سیستم دومرحله‌ای پایه استفاده شد. این مدل به طور ویژه مدل *NSBM* تن و تسوتسویی (۲۰۰۹) برای سیستم‌های دومرحله‌ای پایه است.

۴- مدل پیشنهادی

مدل (۷) یک مدل غیرشعاعی با ماهیت ورودی است که هر کدام از ورودی‌های مرحله اول را با نسبت خودشان کاهش می‌دهد و ورودی‌های مرحله دوم را نیز با نسبت خودشان کاهش می‌دهد. E_1 کارایی سیستم را نشان می‌دهد:

$$
\begin{aligned}
min\ \ E_1 &= \Big(\sum_{i=1}^{m}\theta_i + \sum_{d=1}^{t}\psi_d\ \Big)/(m+t),\\
s.t.\ \ &\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \le \theta_i x_{io} \quad i=1,\cdots,m,\\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj} \ge z_{do} \quad d=1,\cdots,t,\\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj} \le \psi_d z_{do} \quad ,d=1,\cdots,t,\\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj} \ge y_{ro} \quad r=1,\cdots,s.
\end{aligned}
\tag{۷}
$$

مدل (۸) یک مدل غیرشعاعی با ماهیت خروجی است که هرکدام از خروجی‌های مرحله اول را با نسبت خودشان افزایش و خروجی های مرحله دوم را نیز با نسبت خودشان افزایش می‌دهد. E_2 کارایی سیستم را نشان می‌دهد.

$$
\begin{aligned}
E_2 = min\ \ &(s+t\ )/\Big(\sum_{r=1}^{s}\varphi_r + \sum_{d=1}^{t}\psi_d\Big),\\
s.t.\ \ &\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \le x_{io} \quad i=1,\cdots,m,\\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj} \ge \psi_d z_{do} \quad d=1,\cdots,t,\\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj} \le z_{do} \quad d=1,\cdots,t,\\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj} \ge \varphi_r y_{ro} \quad r=1,\cdots,s,\\
&\lambda_j,\mu_j \ge 0, \qquad j=1,\cdots,n \quad \varphi_r,\bar{\psi}_d \ge 1.
\end{aligned}
\tag{۸}
$$

مدل (۹) یک مدل غیرشعاعی است که هرکدام از ورودی‌های مرحله اول را با نسبت خودشان کاهش و خروجی‌های مرحله اول را نیز با نسبت خودشان افزایش می‌دهد. همچنین هرکدام از ورودی‌های مرحله دوم را با نسبت خودشان کاهش و خروجی‌های مرحله دوم را نیز با نسبت خودشان افزایش می‌دهد. E_3 کارایی سیستم را نشان می‌دهد.

$$
\begin{aligned}
min\ \ E_3 = &\Big(\sum_{i=1}^{m}\theta_i + \sum_{d=1}^{t}\psi_d\ \Big)\Big/\Big(\sum_{r=1}^{s}\varphi_r + \sum_{d=1}^{t}\bar{\psi}_d\Big),\\
s.t.\ \ &\sum_{j=1}^{n}\lambda_j x_{ij} \le \theta_i x_{io}; \quad i=1,\cdots,m,\\
&\sum_{j=1}^{n}\lambda_j z_{dj} \ge \bar{\psi}_d z_{do}; \quad ,d=1,\cdots,t,\\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j z_{dj} \le \psi_d z_{do}; \quad ,d=1,\cdots,t,\\
&\sum_{j=1}^{n}\mu_j y_{rj} \ge \varphi_r y_{ro}; \quad r=1,\cdots,s,\\
&\lambda_j,\mu_j \ge 0, \qquad j=1,\cdots,n;\ \ \theta_i,\psi_d \le 1;\ \varphi_r,\bar{\psi}_d \ge 1.
\end{aligned}
\tag{۹}
$$

٤-١- مثال عددی

چهار DMU را درنظربگیرید، که در مرحله اول، یک ورودی X برای تولید یک محصول میانی Z استفاده می‌شود. در مرحله دوم با استفاده از یک محصول میانی Z می‌توان یک خروجی نهایی Y تولید کرد. **شکل (۱)** مرزهای تولید دومرحله را نمایش می‌دهد. هنگامی

که مرحله اول و مرحله دوم به عنوان یک فرایند تولید مستقل درنظرگرفته شوند، مرز ساخته شده از DMUها در حالت بازده به مقیاس ثابت، در مراحل اول و دوم به ترتیب شعاع $OA^{(1)}$ و $OB^{(2)}$ است.

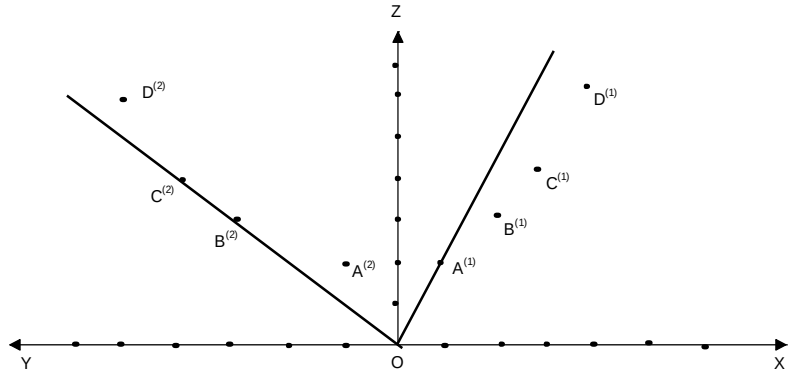
جدول۱- داده ها.

DMU	x	y	z
A	1	2	1
B	2	3	3
C	3	4	4
D	4	6	5

از مدل‌های ارائه شده جهت تعیین کارایی چهار واحد تصمیم‌گیرنده استفاده شد. **جدول ۱** داده‌های واحدهای تصمیم-گیرنده و **جدول ۲** نتایج حاصل از تعیین کارایی DMU ها را نشان می‌دهد.

جدول ۲- داده ها و مقادیر کارایی سیستم.

مدل‌های غیرشعاعی			مدل‌های شعاعی			
نسبت راسل	ماهیت خروجی	ماهیت ورودی	اندازه متغیرهای کمکی	پارامتر بخش	پارامتر سیستم (خروجی)	پارامتر سیستم (ورودی)
مدل۹	مدل۸	مدل۷	مدل۶	مدل۵	مدل۴	مدل۳	DMU
0.667	0.667	0.75	0.5	1	0.5	0.5	A
0.786	0.789	0.792	0.625	0.6	0.6	0.625	B
0.8	0.8	0.833	0.667	0.5	0.667	0.667	C
0.857	0.857	0.875	0.75	0.33	0.75	0.75	D



شکل ۲- مرزهای تولید دو مرحله از پارامتر بخش ها.

واحد A با مصرف یک واحد ورودی حداکثر یک واحد اندازه میانی می‌تواند تولید کند و نمی‌تواند با ورودی کم‌تر این، مقدار بهینه اندازه میانی را تولید کند بنابراین در مرحله اول واحد A در ماهیت خروجی و ماهیت ورودی کارا است و در مرحله دوم نیز با مقدار بهینه اندازه میانی می‌تواند ۲ واحد خروجی نهایی تولید کند. در مدل ۵ واحد A کارا است. دلیل کارابودن آن با مدل ۵ این است که در این مدل همیشه θ^* مساوی یک است و مقدار φ^* بدست آمده مقدار کارایی سیستم را نشان می‌دهد. اما درسایر مدل‌ها هیچ واحدی کارا نیست و همه این مدل‌ها واحدها را به صورت یکسان رتبه‌بندی کرده‌اند. همچنان که در **جدول ۲** مشاهده می شود، مقادیر کارایی بدست آمده از روش‌های غیرشعاعی بزرگ‌تر یا مساوی با مقادیر بدست آمده از مدل‌های شعاعی هستند.

۵- نتیجه‌گیری

در این مقاله سیستم دومرحله‌ای پایه که ساختار متوالی داشت مورد بررسی قرار گرفت و مدل‌هایی که مبتنی بر اندازه کارایی تابع فاصله بودند به سه دسته تقسیم شدند. در دسته اول پارامتر فاصله مربوط به سیستم بود که فقط یک پارامتر داشت و دو مدل با ماهیت ورودی و خروجی ارائه شد. در دسته دوم پارامتر فاصله مربوط به بخش‌های سیستم بود که دارای دو پارامتر مربوط به مراحل اول و دوم بود. در دسته سوم پارامتر فاصله مربوط به فاکتورهای m ورودی و s خروجی بود که دارای $m+s$ پارامتر بود یعنی براساس متغیرهای کمکی ورودی و خروجی بود. در ادامه مدل‌هایی مبتنی بر ایده راسل که به صورت غیرشعاعی بودند معرفی شدند که در آن‌ها کاهش ورودی‌ها و افزایش خروجی‌ها به نسبت خودشان درنظرگرفته شدند، یعنی پارامترهای فاصله برای هر ورودی و هر خروجی برای هر فاکتور، به طور متفاوت درنظرگرفته شدند. در پایان با حل یک مثال عددی مدل‌ها با هم مقایسه شدند.جهت توسعه و بهبود مطالب این مقاله پیشنهاد می‌شود که روش ارایه شده جهت تعیین کارایی سیستم‌های دومرحله‌ای مانند بانک‌های تجاری، شرکت‌های بیمه و ... استفاده شود. به منظور توسعه روش پیشنهادی، به ارزیابی عملکرد سیستم شبکه‌ای در محیط فازی پرداخته شود.

منابع

Allen, N.J., & Meyer, J. P. (1990). The measurement and antecedents of affective, continuance and normative commitment to the organization. *Journal of occupational psychology*, *63*(1), 1-18.

Birasnav, M., Rangnekar, S. & Dalpati, A. (2011). Transformational leadership and human capital benefits: The role of knowledge management. *Leadership & organization development journal*, *32*(2), 106-126.

Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E. (1978). Measurement the efficiency of decision making unit. *Eur J Oper Res*, *2*, 429-444.

Chen, Y., Liang,L., Zhu, J. (2009). Equivalence in two-stage DEA approaches. *Eru J Oper Res*, 193, 600-604.

Chen, Y., Zhu, J. (2004). Measuring information technology's indirect impact on firm performance. *Inf Technol Manag*, *5*, 9-22.

Cron, W., Sobol, M. (1983). The relationship betweeen computerization and performance: a strategy for maximizing economic benefits of computerization. *Inform Manage*, *6*, 171-181.

Fare, R., Grosskopf, S. (1996b). Productivity and intermediate products: A frontier approach. *Economics Letters*, *50*(1), 65070.

Fare, R., Grpssopf, S. (2000). Network DEA. *Socio Econ Plan Sci*, *34*, 35-49.

Hakim, S., Seifi, A., Ghaemi, A. (2016). A bi-level formulation for DEA-based centralized resource allocation under efficiency constraints. *Computers & industrial engineering*, *93*, 28-35.

Kao, C. (2017). *Network data envelopment analysis foundations and extensions*. Taiwan, Springer.

Kong, w.h., Fu, T. T., & Yu, M. M. (2017). Evaluating Taiwanese Bank Efficiency Using the Two-Stage Range DEA Model. *International journal of information technology & decision making*, *16*(4). DOI:10.1142/S0219622017500031

Pastor, J.T., Ruiz, J.L., & Sirvent, I. (1999). An enhanced DEA Russell graph efficiency measure. *Eur J Oper Res*, 115, 596-6-7.

Shephard, R.W. (1970). *Theory of cost and production functions*. Princeton: NJ.

Tanaka, H., Ichihasi, H., Asai, K. (1984). A formulation of fuzzy linear programming problem based on comparison of fuzzy numbers. *Control and cybernetics*, *13*, 185-194.

Tone, .k., Tsutsui, M. (2009). Network DEA: a slacks-based measure approach. *Eur J Oper Res*, *197*, 243-252.

Wang, CH., Gopal, S., Zionts, S. (1997). Use of data envelopment analysis in assessing information technology impact on firm performance. *Ann Oper Res*, *73*, 191-213.

Yu, M.M. (2012). Performance assessment of transport services with the ERM-NDEA model: evidence from a domestic airline in Taiwan. *Transp Plan Technol*, *35*, 697-714.

Yu, M., Chen, L.H., Hsiao, B. (2016). A fixed cost allocation based on the two-stage network data envelopment approach. *Journal of buziness research*, *69*, 1817-1822.

Zha, Y., Liang, N., Wu, M., & Bian, Y. (2016). Efficiency evaluation of banks in chain: A dynamic two-stage slacks-based measure approach. *Omega*. http://dx.doi.org/10.1016/j. omega.2014,12.008.